



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Off nl gungsschrift**  
⑩ **DE 199 27 945 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 L 33/00**

②1 Aktenzeichen: 199 27 945.4  
②2 Anmeldetag: 18. 6. 1999  
④3 Offenlegungstag: 23. 3. 2000

DE 199 27 945 A 1

③0 Unionspriorität:  
151554 11. 09. 1998 US  
  
⑦1 Anmelder:  
Hewlett-Packard Co., Palo Alto, Calif., US  
  
⑦4 Vertreter:  
Schoppe & Zimmermann, 81479 München

⑦2 Erfinder:  
Lester, Steven D., Palo Alto, Calif., US

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Lichtemittierendes Bauelement mit feinstrukturiertem reflektierendem Kontakt

⑤7 Die Erfindung ist ein lichtemittierendes AlInGaN-Bauelement (AlInGaN-LED), das einen p-Typ-Kontakt umfaßt, der aus einem hochreflektierenden Material mit eng beabstandeten Öffnungen hergestellt ist, die die Effizienz der Lichtextraktion erhöhen. Die minimale Abmessung der Öffnungen ist 1/4 der Wellenlänge des emittierten Lichts und ist vorzugsweise mit der Strecke vergleichbar, die der Strom in lateraler Richtung in den p-Schichten des Bauelements fließt. Die Öffnungen in dem Metall nehmen 20-80% der Oberfläche des Kontaktes ein und sind fein beabstandet, um eine Transparenz und eine gleichmäßige Lichtemission zu erreichen. Eine optionale dielektrische Verkapselung kann über dem p-Kontakt angebracht sein, um die Haftung des Kontakts, indem derselbe in regelmäßigen Intervallen befestigt wird, und die Lichtextraktion zu verbessern. Die Oberfläche der epitaktischen Schichten kann in den Öffnungen geätzt werden, um Licht in den Halbleiter zu streuen, was die Lichtextraktion erhöht. Eine reflektierende Schicht kann an der unteren Oberfläche der LED angebracht werden, um die Effizienz der Lichtextraktion zu erhöhen.

DE 199 27 945 A 1

Die vorliegende Erfindung richtet sich auf das Verbessern der Lichtextraktion aus lichtemittierenden Bauelementen.

Die Lichtextraktion von einem lichtemittierenden Halbleiterbauelement (LED) ist aufgrund des großen optischen Brechungsindex ( $n \sim 2,2-3,8$ ) des Halbleitermaterials relativ zu der Umgebung, typischerweise Luft ( $n \sim 1$ ) oder transparentes Epoxidharz ( $n \sim 1,5$ ), begrenzt. Die Menge der Extraktion hängt stark von der makroskopischen Geometrie der LED und von dem dreidimensionalen Emissionsprofil des Lichts, das in dem aktiven Bereich oder in der lichtemittierenden Schicht erzeugt wird, ab. Bevor dasselbe austreten kann, wird der größte Teil des Lichts, das in dem Bauelement erzeugt wird, innerhalb durch die Absorption in den umgebenden Materialien, d. h. epitaktische Schichten, begrenzende Gebiete, ein Substrat, Chipbefestigungsmaterialien und elektrische Kontakte, gedämpft.

Typische Bauelemente erzeugen Photonen am p-n-Übergang, die in einen breiten Bereich von Richtungen (eine annähernd isotrope Emission) emittiert werden. Folglich fällt ein großer Prozentsatz der emittierten Lichtstrahlen in Winkeln, die größer als der kritische Winkel zum Anregen des Halbleiters sind, auf die Bauelement/Umgebungs-Grenzfläche. Diese Strahlen werden innerhalb des Bauelements reflektiert und sind für eine Absorption innerhalb des Bauelements anfällig. Für eine typische GaN-basierte LED fallen  $\sim 11\%$  der Photonen in dem kritischen Winkel (zur Transmission in das Epoxidharz) auf die obere Oberfläche. Das verbleibende Licht unterliegt mindestens einer inneren Reflexion, bevor dasselbe aus dem Chip austritt.

Das innen reflektierte Licht in AlInGaN-LEDs ist teilweise für eine Absorption durch den p-Schicht-Kontakt anfällig. Diese Kontakte müssen im wesentlichen den gesamten emittierenden p-n-Übergangsbereich bedecken, da sich der Strom in den Halbleiterschichten in lateraler Richtung nicht ausbreiten kann. Da die Leitfähigkeit der epitaktischen p-Typ-Schichten extrem niedrig ist, typischerweise  $> 20000$  Ohm/Fläche, wird der Strom direkt unter das Kontaktmetall oder innerhalb etwa  $1 \mu\text{m}$  der Kontaktkannte begrenzt.

Um es zu ermöglichen, daß Licht austreten kann, verwenden AlInGaN-LEDs p-Kontakte, die aus extrem dünnen Metallschichten bestehen. Diese sind typischerweise zwischen  $50$  und  $500 \text{ \AA}$  dick und sind aus AuNi oder ähnlichen Legierungen hergestellt. Während diese dünnen "halbtransparenten" Schichten den größten Teil des Lichtes durchlassen, das auf dieselben unter einem nahezu senkrechten Einfall trifft, wird typischerweise mehr als  $20\%$  von diesem Licht absorbiert.

Es gibt mehrere Probleme mit halbtransparenten Kontakten. Erstens absorbieren die Kontakte einen großen Bruchteil des LED-Lichts. Obwohl dieselben bis zu etwa  $80\%$  des Lichts, mit nahezu senkrechtem Einfall durchlassen, sind dieselben bei Winkeln, die größer als der kritische Winkel (für die das Licht aus der LED austreten kann) sind, relativ absorbierend. Da das meiste LED-Licht innen reflektiert wird, trifft es oft die teilweise absorbierenden Kontakte. Bei LEDs, die auf Saphirsubstraten hergestellt sind, wird  $\sim 70\%$  des emittierten Lichts zwischen der absorbierenden Metalloberfläche und dem Substrat eingefangen. Da das Kontaktmetall die Intensität dieses Lichts schnell dämpft, können diese halbtransparenten Metallfilme den Großteil des emittierten Lichtes absorbieren.

Ein zweites Problem besteht darin, daß, da die halbtransparenten Filme sehr dünn sind, in der Größenordnung einiger  $100 \text{ \AA}$ , die Filme die rauen Halbleiterflächen nicht vollständig bedecken. Dies ist besonders unvorteilhaft, da rauhe Oberflächen die Lichtextraktion verbessern können. Halb-

transparente Filme leiten Strom über raue oder unebene Oberflächen nicht gleichmäßig und können unterbrochen werden. Dies bewirkt, daß die LED Licht nicht gleichmäßig oder in Abschnitten des Bauelementes überhaupt nicht emittiert.

Ein drittes Problem bei dünnen Metallen besteht darin, daß dieselben sehr leicht zerkratzt werden können, was folglich eine nicht durchgehend leitende Oberfläche erzeugt. Dies macht die Handhabung derselben schwierig, was den LED-Herstellungsprozeß verkompliziert.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein verlustarmes, gleichmäßig emittierendes und ohne weiteres herstellbares, lichtemittierendes Bauelement und ein Verfahren zum Strukturieren eines Kontaktes eines derartig verbesserten lichtemittierenden Bauelements zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch ein lichtemittierendes Bauelement gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren zum Strukturieren eines Kontaktes eines lichtemittierenden Bauelements gemäß Anspruch 11 gelöst.

Die vorliegende Erfindung ist ein lichtemittierendes AlInGaN-Bauelement, das einen feinstrukturierten reflektierenden p-Kontakt umfaßt, der die Lichtextraktionseffizienz erhöht. Diese Kontakte ermöglichen es dem Licht, durch dieselben durchzulaufen, da dieselben ein Array von eng beabstandeten Öffnungen enthalten. Daher wird das Licht, das auf die Kontakte auftrifft, entweder durch die Öffnungen laufen, oder dasselbe wird mit sehr geringem Verlust in die LED zurück reflektiert. Dies reduziert wesentlich die Absorption von Licht, die bei herkömmlichen halbtransparenten Kontakten auftritt. Der Kontakt sieht eine Stromausbreitung mit niedrigem Widerstand (sogar über raue Halbleiter-Oberflächen) vor, da dasselbe aus dickem, hochleitendem Metall hergestellt sein kann. Öffnungen in dem Kontaktmetall nehmen  $20$  bis  $80\%$  der gesamten Kontaktfläche ein und sind fein beabstandet, um eine Transparenz und eine gleichmäßige Lichtemission zu erreichen. Der Kontakt ist aus hochreflektierendem Material, wie beispielsweise Ag, Al oder Rhodium, hergestellt. Dies gewährleistet, daß Licht, das nicht durch den Kontakt durchläuft, mit sehr geringer optischer Absorption reflektiert wird. Eine wahlweise elektrische Verkapselung, z. B. Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Aluminiumnitrid oder Aluminiumoxid, kann über dem p-dotierten Kontakt aufgebracht werden. Die Oberfläche der aktiven Region kann wahlweise mit geätzten Merkmalen aufgeraut werden, die mit den Öffnungen in dem Metall selbst ausgerichtet sind. Diese Merkmale streuen das innen reflektierte Licht, was die Möglichkeiten zur Lichtextraktion erhöht. Es kann eine reflektierende Schicht an der unteren Oberfläche der LED angebracht werden, um weiter die Effizienz der Lichtextraktion zu verbessern.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 ein Prozeßflußdiagramm der vorliegenden Erfindung.

Fig. 3 einen Vergleich der Lichteffizienz der vorliegenden Erfindung mit bekannten LEDs unter Verwendung von halbtransparenten AuNi-Filmen.

Fig. 4 ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 5 ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Eine typische GaN-basierte LED umfaßt eine Heteroübergangsstruktur, die eine Emissionsschicht aufweist, die zwischen einer n-Typ- und einer p-Typ-Schicht angeordnet ist. Ein p-Typ-Kontakt ist mit der p-Typ-Schicht elektrisch

verbunden, während ein n-Typ-Kontakt mit der n-Typ-Schicht elektrisch verbunden ist. Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, ein Heteroübergang-Bauelement 10, das eine Emissionsschicht 14 aufweist, die zwischen einer n-Typ-Schicht 12 und einer p-Typ-Schicht 16 positioniert ist, die auf einem Substrat hergestellt wurden. Auf der Rückseite des Substrats ist ein Reflektor 9 positioniert. Ein n-Kontakt 18 ist mit der n-Typ-Schicht 12 elektrisch verbunden, während der p-Kontakt 20 mit der p-Typ-Schicht 16 elektrisch verbunden ist. Beide elektrischen Kontakte sind vorzugsweise aus reflektierenden Metallen hergestellt, d. h. Metalle, die mehr als 70% von dem senkrecht einfallenden sichtbaren Licht reflektieren. Eine p-Bond-Anschlußfläche 21 ist auf dem p-Kontakt positioniert.

Gemäß der vorliegenden Erfindung, umfaßt der p-Typ-Kontakt 20 eine fein beabstandete Struktur von Öffnungen, die es dem Licht ermöglicht, durch den Kontakt zu laufen. Die Öffnungen müssen klein sein, so daß der p-n-Übergang Strom in die Öffnungen (zumindest teilweise) leiten kann. Um sicherzustellen, daß Licht durch den Kontakt laufen kann, muß die Größe der Öffnung größer als ungefähr ein Viertel der Wellenlänge des sichtbaren Lichts ( $\lambda$ ) in dem Materialsystem sein. Zur Darstellung reicht das  $\lambda$  von sichtbarem Licht in Luft von 400 bis 700 Nanometer. Innerhalb von GaN reicht  $\lambda$  von 160 bis 285 nm. Die minimale Abmessung der Öffnung sollte zumindest 160 nm betragen.

Die bevorzugte Abmessung der Öffnung ist durch die Ausbreitung des Stroms in der p-Typ-Schicht 16 bestimmt. Damit der p-n-Übergang 14 direkt unter den Öffnungen Licht emittiert, muß Strom von der Kante des Metalls zu dem Übergangsbereich unter der Öffnung fließen. Daher sollte die minimale Abmessung ungefähr gleich der Strecke sein, die der Strom in lateraler Richtung in der LED fließt. Typische AlInGaN-Bauelemente weisen p-Schichten, die 0,25–0,5  $\mu\text{m}$  dick sind, mit Flächenwiderständen, die größer als 20000 Ohm/Fläche sind, auf. Daher breitet sich der Strom lediglich ungefähr in einem Bereich  $\leq 1 \mu\text{m}$  von der Kontaktkante aus. Da der Strom von den Kontaktmaterialien, von allen Seiten der Öffnungen fließt, beträgt eine bevorzugte minimale Abmessung der Öffnung 0,5–2  $\mu\text{m}$ . Experimentelle Bauelemente wurden aufgebaut, deren p-Schichten  $> 1 \mu\text{m}$  dick sind. Für diese Dioden ist die bevorzugte minimale Abmessung 1–4  $\mu\text{m}$ . Die Öffnungen sollten so groß wie möglich sein, um eine Lichttransmission zu ermöglichen und die Herstellung zu erleichtern. Dieselben sollten jedoch im Vergleich zu der Ausdehnung des lateralen Stromflusses nicht groß sein, da sonst Bereiche der LED verschwendet werden, und die LED "fleckenhaftes" Emissionsmuster aufweisen wird.

Die Form der Öffnungen können gleichmäßige Muster, wie beispielsweise Kreise, Quadrate, ein Liniengitter, Wabenmuster sein, oder dieselben können willkürlich geformt sein. Das Metall muß um die Öffnungen durchgehend verbunden sein. Die Öffnungen in dem Metallkontakt nehmen bevorzugt 20 bis 80% des gesamten Kontaktbereichs ein. Unterhalb von 20% transmittieren die Kontakte nicht genug Licht. Dadurch werden Photonen in der LED gefangen, was dieselben für eine wiederholte Absorption anfällig macht. Oberhalb von 80% wird es nicht genügend Metall geben, um Strom unter Verwendung von Metallen mit Merkmalsgrößen, die ohne weiteres hergestellt werden können, gleichmäßig auszubereiten.

Das p-Kontakt-Metall ist vorzugsweise eine dicke Schicht, z. B. 1000 bis 30000 Å. Dies stellt sicher, daß der Kontakt den Strom entlang des Bauelementes mit einem niedrigen Widerstand ausbreitet, und daß derselbe jede Oberflächentopographie auf dem Wafer effektiv abdeckt. Das strukturierte Metall kann alternativ ausreichend dünn

hergestellt werden, damit es halbdurchsichtig ist. In diesem Fall wird die Effizienz des Bauelementes durch die Erfindung erhöht, die Vorteile einer dicken Metallisierung (wie beispielsweise die Fähigkeit, über raue Oberflächen zu leiten), werden jedoch nicht realisiert. Das leitfähige Material sollte ein reflektierendes Metall sein, vorzugsweise Silber, Aluminium, Rhodium, Legierungen von Ag, Al, Rh oder Mehrschicht-Kontakte, bei denen Ag, Al oder Rh Bestandteile sind, die das Reflexionsvermögen des Kontakts  $> 70\%$  machen. Die Kontakte können mit weniger reflektierenden Metallen, wie beispielsweise NiAu, Pd, TiPt hergestellt werden. LEDs, die auf diese Weise hergestellt werden, sind jedoch weniger effizient.

Der bevorzugte p-Kontakt ist ein "perforiertes" Silbernetz, das durch Ätzen eines Arrays von Löchern in Ag gebildet wird. Silber wird verwendet, da es das größte Reflexionsvermögen unter den Metallen besitzt und einen ohmschen Kontakt mit niedrigem Widerstand mit p-Typ GaN bilden kann. Die n- und p-Typ-Bond-Anschlußflächen sind aufgrund des hohen Reflexionsvermögens (ungefähr 90%) und der guten Haftung desselben an GaN und da dasselbe einen Kontakt mit niedrigem Widerstand mit n-Typ GaN bildet, aus Al hergestellt.

Bei allen Ausführungsbeispielen trifft Licht, das auf die obere Oberfläche der LED einfällt, entweder auf das hochreflektierende Metall oder auf einen nicht metallisierten Abschnitt des Bauelementes. Wenn das Licht auf den nicht metallisierten Teil trifft, wird es aus dem Chip austreten oder ohne Dämpfung innen reflektiert werden. Falls der Spiegelabschnitt getroffen wird, wird das Licht mit minimaler Dämpfung innen reflektiert. Dieses Licht wird in das Bauelement hineingestreut und tritt durch die Seiten des Bauelementes aus oder fällt wieder auf die obere Oberfläche. Da das Licht lediglich minimal gedämpft wird, kann dasselbe sehr oft auftreten und hat viele Möglichkeiten aus dem Chip auszutreten. Daher verbessern dicke, halbdurchgehende Metallfilme die Lichtextraktion aus der LED, sogar wenn sie Abschnitte der oberen Oberfläche verdecken.

Typischerweise werden LEDs derart entworfen, daß lichtundurchlässige Kontakte (oder die Kontaktflächen) so klein wie möglich sind, um die Verdeckung der Chipoberfläche zu minimieren. Die vorliegende Erfindung hebt sich wesentlich von dem Stand der Technik ab. In diesem Fall wird die Lichtextraktion trotz der Verdeckung verbessert, da die ohmschen Kontakte ein hohes Reflexionsvermögen besitzen, das Substrat auf der Rückseite mit einer reflektierenden Beschichtung hergestellt ist und die epitaktischen Materialien und das Substrat das emittierte Licht nicht wesentlich selbst absorbieren. Somit bewegt sich das Licht sehr oft durch den Chip, wobei dasselbe viele Möglichkeiten hat, auszutreten, ohne absorbiert zu werden.

Da die feinstrukturierten Kontakte sehr viel dicker sein können als halbdurchsichtige Metalle, ist der Schichtwiderstand der Kontaktschichten ebenfalls niedriger. Dies gewährleistet, daß der Kontakt keine Stromansammlung in dem Bauelement verursacht. Dickere Kontakte bedecken ferner effektiv, raue und texturierte Oberflächen. Folglich kann die Halbleiteroberfläche absichtlich aufgeraut werden, um die Lichtextraktion zu verbessern. Die epitaktischen LED-Filme können ferner unter einer breiten Anzahl von Bedingungen gewachsen werden. Speziell können Schichten, die nach dem p-n-Übergang gewachsen werden, bei Temperaturen unter 1000° gewachsen werden. Dieser Aufwachstemperaturbereich minimiert den thermischen Schaden der aktiven Schicht, der während des Aufwachstums auftreten kann, führt jedoch zu rauen oder unebenen Oberflächen, die unter Verwendung einer dünnen Metallisierung nicht ohne weiteres bedeckt werden können.

Fig. 2 zeigt ein Prozeßflußdiagramm, um die Kontakte aufzubauen. Bei einem Schritt 100 wird das reflektierende Material über die p-Typ Schicht der LED aufgebracht. Bei einem Schritt 110 wird das Bauelement gegläht oder ausgeheilt. Bei einem Schritt 120 wird Lack oder Resist aufgebracht und belichtet, um die Struktur der Öffnungen zu definieren. Bei einem Schritt 130 wird die Struktur in das Kontaktmetall und wahlweise in die epitaktischen Schichten der LED geätzt. Das Ätzen kann durch chemisches Ätzen, Ionenfräsen, reaktives Ionenätzen etc. durchgeführt werden. Bei einem Schritt 140 wird der Lack entfernt. Bei einem Schritt 150 wird die wahlweise dielektrische Verkapselung über dem Kontakt aufgebracht.

Eine weitere Möglichkeit, die Öffnungen zu bilden, besteht darin, den Kontakt bei erhöhten Temperaturen zu glühen. Unter geeigneten Bedingungen werden die Oberflächenspannungen bewirken, daß sich Öffnungen in dem Metall entwickeln. Beispielsweise wird eine 1000 Å dicke Silberschicht die Oberfläche von GaN bei 600°C entnetzen, was nach einigen Minuten des Glühens ein Netz von offenen Räumen hinterläßt.

Fig. 3 stellt die Ausgangsleistung für LEDs, die gemäß der Erfindung hergestellt sind, und für LEDs, die mit einem herkömmlichen halbtransparenten AuNi-Kontakt hergestellt sind, als eine Funktion des Treibstroms, dar. Die LEDs, die mit feinstrukturierten Ag-Kontakten hergestellt sind, sind bei allen Stromstärken 1,5–2 mal effizienter als die bekannten LEDs.

Fig. 4 zeigt ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel. Die obere Oberfläche wurde in einem Dielektrikum, z. B. Aluminiumoxid, Siliziumnitrid, Aluminiumnitrid, Hafniumoxid oder Titanoxid verkapselt, das einen Brechungsindex aufweist, der größer als 1,5 ist. Wenn diese Schicht 22 einen größeren Brechungsindex als das Epoxidharz aufweist, das die LED umgibt, erhöht dies die Wahrscheinlichkeit, daß Licht durch die Öffnungen in die Silberschicht laufen kann. Die Verkapselung ermöglicht, daß das Licht, eher über als unter dem Silberspiegel innen reflektiert wird. Dies erhöht die Chance, derselben ohne Dämpfung auszutreten. Zusätzlich verbessert die Verkapselung die Haftung der Metallschicht an der LED-Oberfläche, indem das Metall an die offenen Räume entlang der Oberfläche gefügt wird. Dies ist vor allem vorteilhaft, wenn der Kontakt aus Silber hergestellt ist. Das Dielektrikum schützt ferner die Metallschicht vor Kratzern, die während der Herstellung entstehen können, und schützt dieselbe vor einem umweltbedingten Qualitätsverlust, wie z. B. vor einer Oxidation oder einem Anlaufen.

Fig. 5 zeigt ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel. Die obere Oberfläche der LED ist vorzugsweise in Ausrichtung mit den Öffnungen in den Kontakt aufgeraut. Dies kann durch Ätzen des GaN auf eine selbstausrichtende Art und Weise während des gleichen lithographischen Schritts erreicht werden, der verwendet wird, um den Kontakt zu strukturieren. Die geätzten Löcher können sich bis in die p-Schicht 20 erstrecken oder können bis zu der Tiefe des Substrats 8 geätzt werden. Die aufgeraute Oberfläche streut Licht (Licht, das sonst aufgrund einer Totalreflexion gefangen ist), in die Halbleiterschichten. Ein Anteil des Lichts wird unter Winkeln reflektiert, bei denen es austritt, womit die Effizienz der Extraktion der LED erhöht wird.

Das AlInGaN-Bauelement kann ferner Legierungen von AlInGaN umfassen, bei denen ein Bruchteil des Stickstoffs durch Phosphor oder Arsen ersetzt ist. Der feinstrukturierte reflektierende Kontakt kann ferner auf einer AlInGaN-LED verwendet werden, die eine vertikale Geometrie aufweist, z. B. eine LED mit einem p-Kontakt an einer Seite des Chips und einem n-Kontakt an der anderen Seite. Die Erfindung

kann mit einer aufgerauten Grenzfläche zwischen Substrat und epitaktischer Schicht, z. B. unter Verwendung eines Substrats, das absichtlich vor dem Aufwachsen des Gallium-Nitrids aufgeraut oder texturiert wurde, um eine Lichtstreuung vorzusehen, verwendet werden.

#### Patentansprüche

1. Lichtemittierendes Bauelement, das folgende Merkmale aufweist:

ein Bauelement mit Heteroübergang (10), wobei das Bauelement ein AlInGaN-Bauelement ist, das folgende Merkmale aufweist:

eine n-Typ-Schicht (12),

eine p-Typ-Schicht (16), und

eine Emissionsschicht (14), die zwischen der n-Typ-Schicht und der p-Typ-Schicht positioniert ist und wirksam ist, um sichtbares Licht A zu emittieren; und zwei Kontakte aus elektrisch leitfähigem Material (18, 20), wobei einer derselben ein n-Typ-Kontakt (18) ist, der mit der n-Typ Schicht verbunden ist, und der andere derselben ein p-Typ-Kontakt (20) ist, der mit der p-Typ-Schicht verbunden ist, wobei mindestens einer der zwei Kontakte eine Struktur von Öffnungen mit einer minimalen Abmessung von  $1/4 \lambda$  umfaßt, und wobei das Licht durch die Öffnungen emittiert werden kann.

2. Lichtemittierendes Bauelement gemäß Anspruch 1, bei dem die Struktur der Öffnungen 20–80% der oberen Oberfläche des p-Typ-Kontaktes bedeckt.

3. Lichtemittierendes Bauelement gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem mindestens einer der zwei Kontakte (18, 20) ein reflektierendes Metall ist, das ein Reflexionsvermögen bei senkrechtem Einfall aufweist, das 70% überschreitet.

4. Lichtemittierendes Bauelement gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem der p-Kontakt (20) aus einer Gruppe, die Ag, Al, Rh und Legierungen von Ag, Al und Rh umfaßt, ausgewählt ist.

5. Lichtemittierendes Bauelement gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der p-Kontakt (20) ein Mehrschichtkontakt ist, der ein reflektierendes Metall umfaßt, wobei das reflektierende Metall aus einer Gruppe, die Ag, Al und Rh umfaßt, ausgewählt ist.

6. Lichtemittierendes Bauelement gemäß Anspruch 1, bei dem das Bauelement mit Heteroübergang (10) eine texturierte Oberfläche unter dem Kontakt mit einer Struktur von Öffnungen aufweist, wobei die texturierte Oberfläche die Menge an erhältlichem Licht erhöht.

7. Lichtemittierendes Bauelement gemäß Anspruch 6, bei dem die texturierte Oberfläche mit der Struktur von Öffnungen ausgerichtet ist.

8. Lichtemittierendes Bauelement gemäß Anspruch 4 oder 6, das ferner eine dielektrische Verkapselung (22) aufweist, die über dem Kontakt positioniert ist, der die Struktur von Öffnungen aufweist, die wirksam ist, um die Haftung durch Befestigen des Metalls in regelmäßigen Abständen zu verbessern.

9. Lichtemittierendes Bauelement gemäß Anspruch 8, bei dem die dielektrische Verkapselung (22) aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Aluminiumnitrid, Titandioxid und Aluminiumoxid umfaßt.

10. Lichtemittierendes Bauelement gemäß Anspruch 1, bei dem die Öffnungen eine Form aufweisen, die aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Kreise, Rechtecke, Liniengitter und Wabenmuster umfaßt.

11. Verfahren zum Strukturieren eines Kontakts eines lichtemittierenden Bauelementes, mit folgenden

Schritten:

Aufbringen eines elektrisch leitfähigen Materials auf einem Bauelement mit Heteroübergang, das wirksam ist, um sichtbares Licht mit einer Wellenlänge  $\lambda$  (100) zu emittieren; und

Strukturieren eines ersten Kontakts aus dem elektrisch leitfähigen Material derart, daß der erste Kontakt eine definierte Struktur von Öffnungen aufweist, die eine minimale Breite von  $1/4 \lambda$  aufweisen, wobei das sichtbare Licht durch die Freiräume emittiert werden kann.

12. Verfahren zum Strukturieren eines Kontakts eines lichtemittierenden Bauelements gemäß Anspruch 11, bei dem der Schritt des Strukturierens des elektrisch leitfähigen Materials folgende Schritte aufweist:

Glühen des Bauelements mit Heteroübergang (110);

Aufbringen und Belichten des Lacks, um die Struktur von Öffnungen (120) zu definieren;

Ätzen der Struktur von Öffnungen in das elektrisch leitfähige Material (130); und

Entfernen des Lacks (140).

13. Verfahren zum Strukturieren eines Kontakts eines lichtemittierenden Bauelements gemäß Anspruch 12, bei dem der Schritt des Ätzens der Struktur von Öffnungen (130) ein Schritt des Ionenfräsens der Struktur in die obere Oberfläche des Bauelements mit Heteroübergang ist.

14. Verfahren zum Strukturieren eines Kontakts eines lichtemittierenden Bauelements gemäß Anspruch 11, das ferner den Schritt des Aufbringens einer dielektrischen Verkapselung (150) über dem Kontakt, der eine Struktur von Öffnungen aufweist, aufweist.

15. Verfahren zum Strukturieren eines Kontakts eines lichtemittierenden Bauelements gemäß Anspruch 11, bei dem der Schritt des Strukturierens eines ersten Kontakts folgende Schritte aufweist:

Aufbringen eines elektrisch leitfähigen Materials (100) auf einem Bauelement mit Heteroübergang, das wirksam ist, um sichtbares Licht zu emittieren; und

Glühen des Kontakts bei erhöhten Temperaturen (110) derart, daß die Oberflächenspannung das Bilden von Öffnungen in dem Material bewirkt.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

---

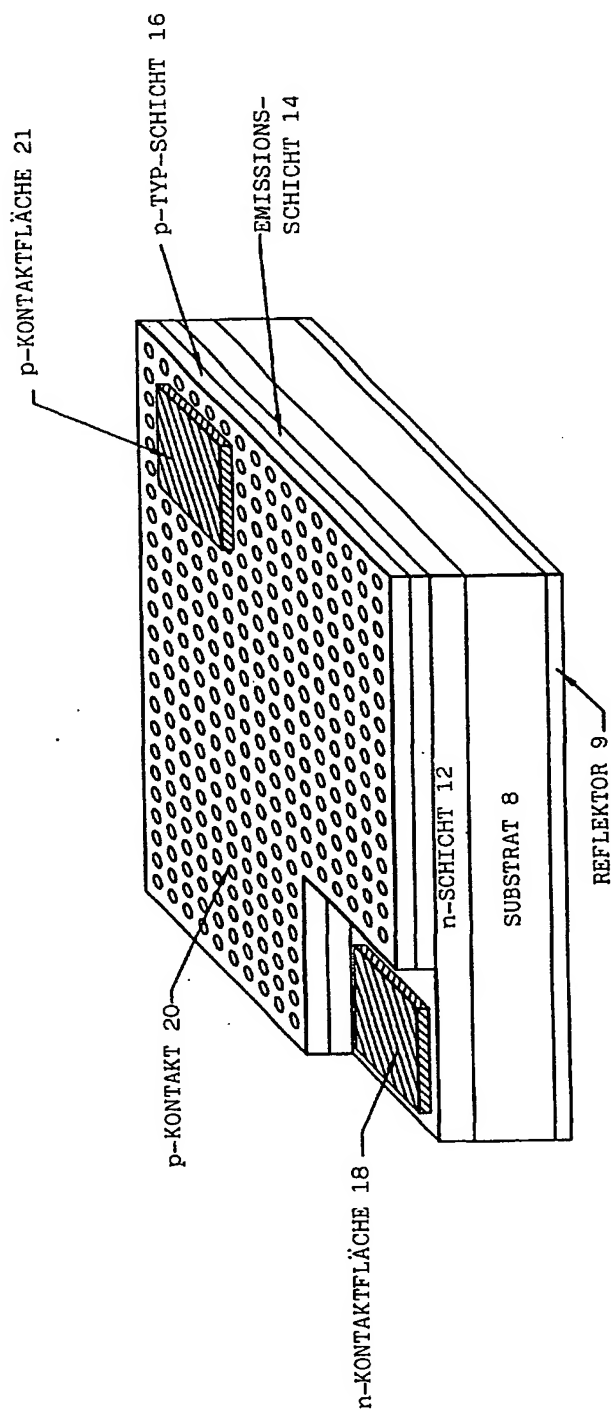


FIG. 1

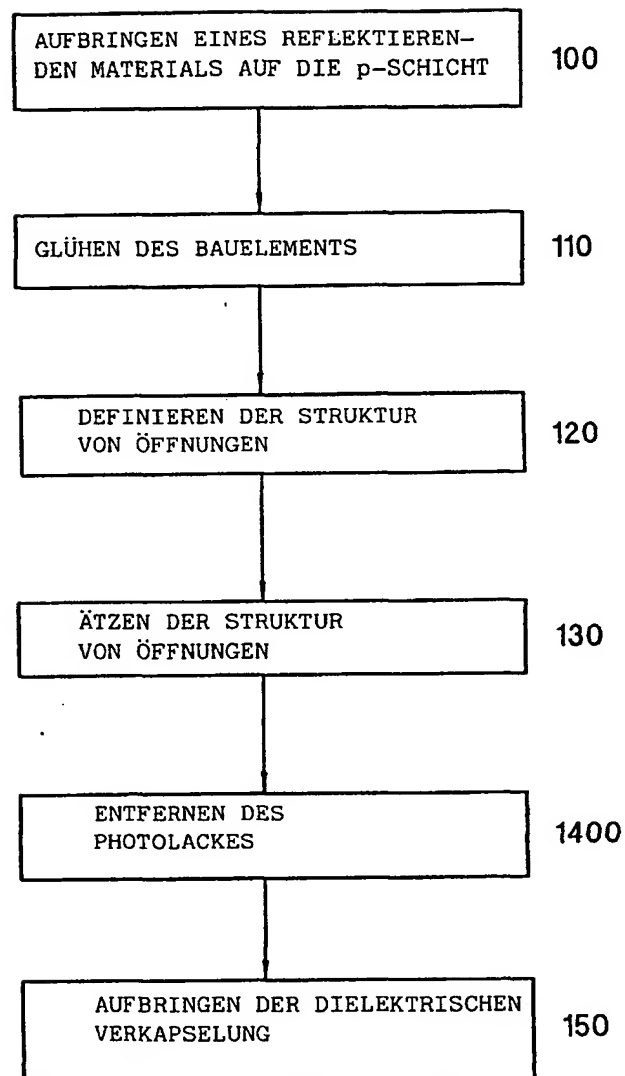


FIG.2

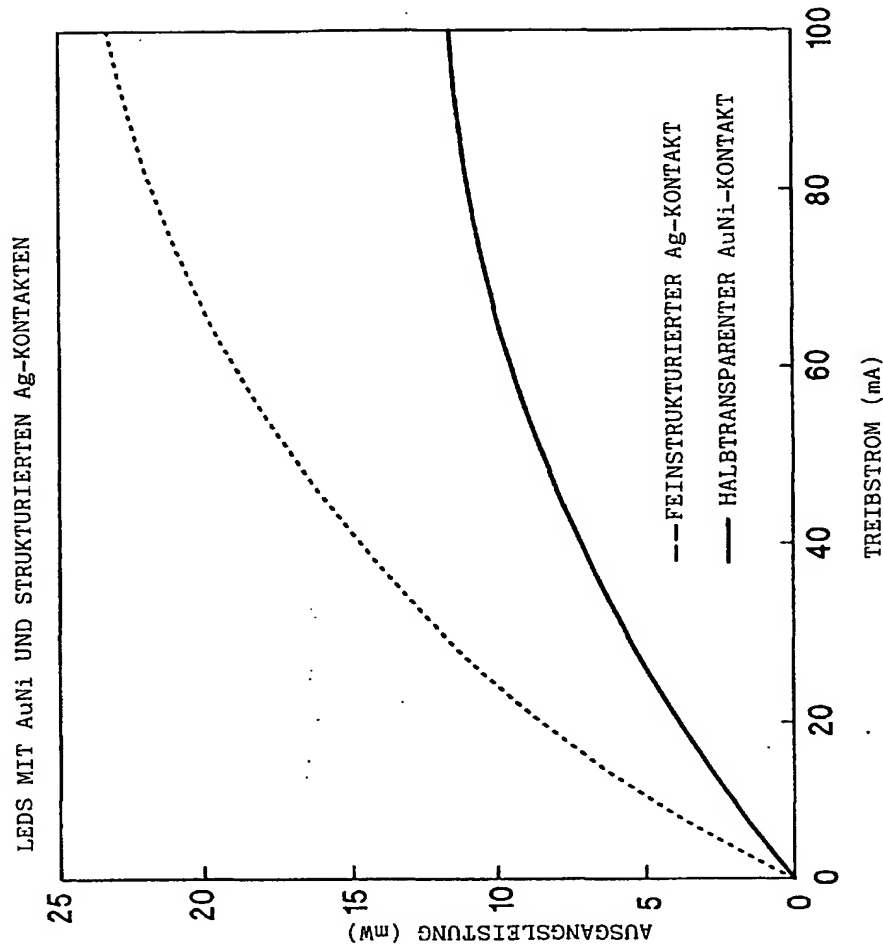


FIG. 3



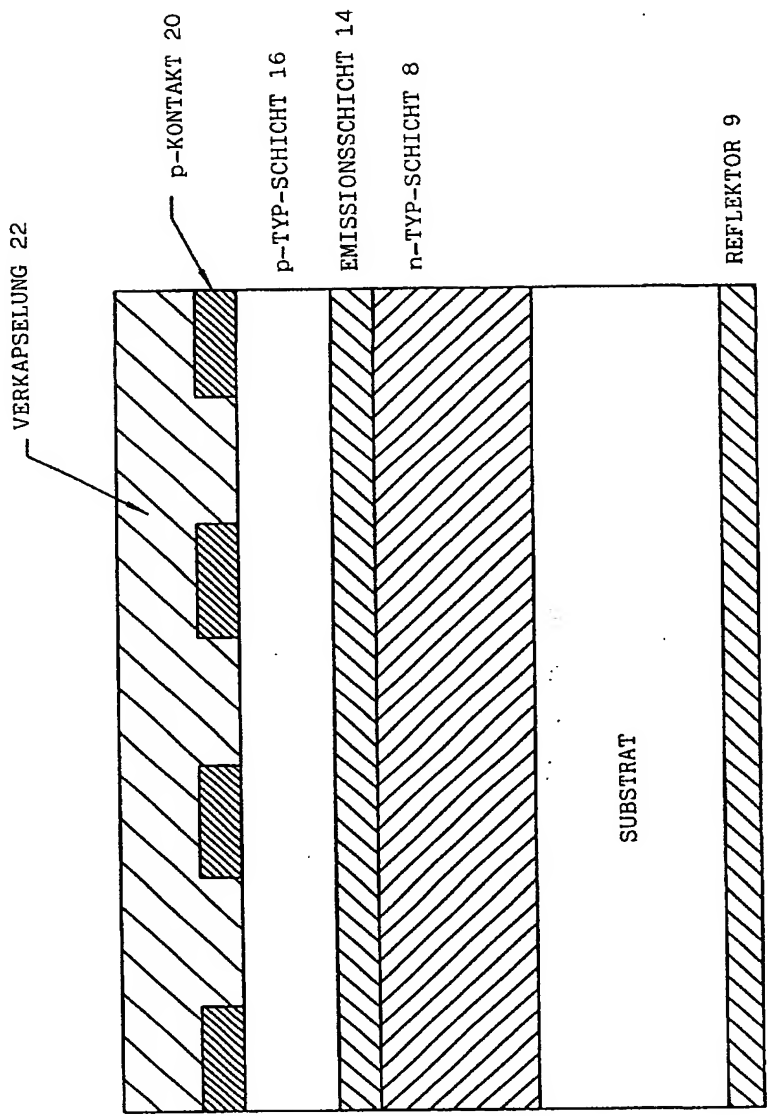


FIG. 4

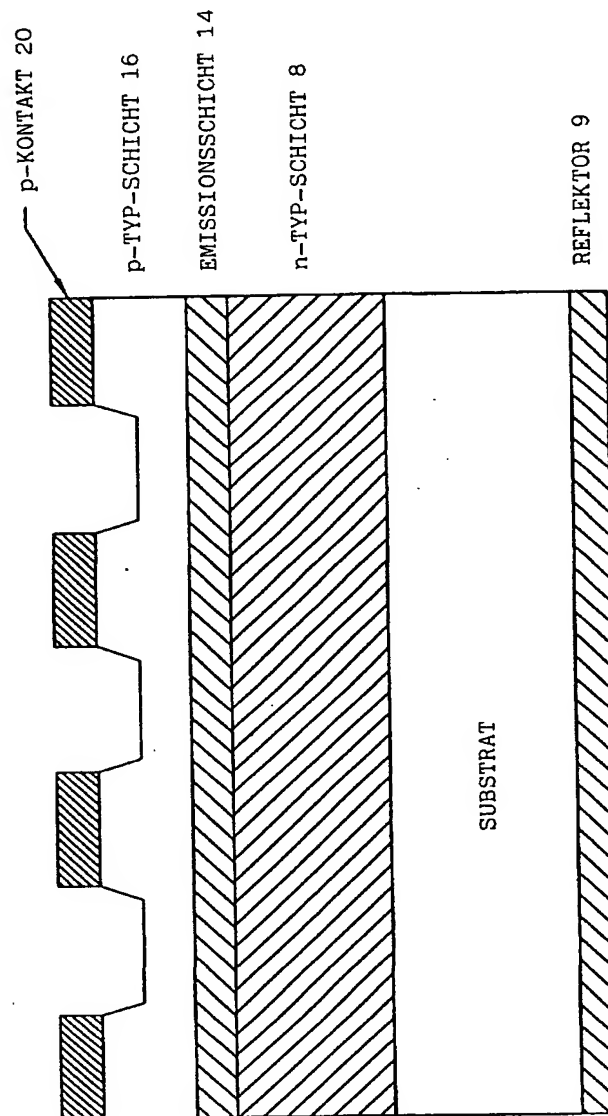


FIG. 5